

# Zum römischen Fuß

Hecht, Konrad

Veröffentlicht in:  
Abhandlungen der Braunschweigischen  
Wissenschaftlichen Gesellschaft Band 30, 1979,  
S.107-137



Verlag Erich Goltze KG, Göttingen

## Zum römischen Fuß

Von **Konrad Hecht**, Braunschweig

Die Frage, wie groß die Maßeinheit gewesen sei, mit deren Hilfe die Römer in Handel und Gewerbe Strecken zu definieren vermochten, würde heute, wären die derart definierten Dinge allesamt verloren, nur eine metrologische Größe betreffen. Aber nach Fußzahlen haben die Römer auch ihre Bauten entworfen und errichtet<sup>1</sup>. Daher ist die Kenntnis der Größe dieser Maßeinheit allen nützlich, die ein versehrtes römisches Bauwerk auf seinen ursprünglichen Zustand zurückführen wollen, mehr noch jenen, die in einem solchen Bauwerk die Prinzipien zu erkennen suchen, auf denen der Entwurf beruht.

Wie groß war also der römische Fuß? Auf Grabsteinen von Bauleuten findet man Zollstöcke wiederholt abgebildet. Reale, im Alltag gebrauchte Maßstäbe sind nicht nur in Pompeji zu Tage gekommen. Die Nachmessung abgebildeter und wirklicher Zollstöcke liefert die Größenordnung der gesuchten Maßeinheit, erbringt jedoch im einzelnen beträchtliche differierende Werte<sup>2</sup>. Diese Differenzen algebraisch auszumitteln in der Hoffnung, derart die wirkliche Größe des römischen Fußes zu gewinnen, geht nicht an<sup>3</sup>.

Die Möglichkeit, die Größe des römischen Fußes aus Baumaßen zurückzurechnen, ist durch die epigraphische und die literarische Überlieferung eröffnet, sobald sie Fußzahlen nennt. Raper, der diese Möglichkeit 1760 als erster nutzte, ermittelte als Äquivalent des römischen Fußes 29, 574 cm<sup>4</sup>. In der Zwischenzeit haben zahlreiche weitere Forscher dieses Äquivalent ebenfalls zu definieren gesucht. Nicht selten erzielten sie geringe Werte – v. Gerkan 29, 4192 cm, Letronne 29,425 cm, Aurès

<sup>1</sup> Die Behauptung, nicht Vielfache der Maßeinheit, sondern irgendwelche zumeist aus der Kreisgeometrie entwickelte „Schlüsselfiguren“ hätten in der Baukunst die Maße und deren Verhältnisse regiert, wurde oft genug vorgebracht und wurde immer wieder bestritten. Inzwischen hat A. v. Gerkan dieser Behauptung wenigstens für die Antike den Garaus gemacht (Gerkan 1957, 359 und derselbe 1962 [in Wedepohl 1967, 284]). Die Zug um Zug einander widersprechenden Proportionsgeometrien haben ihren Ursprung in dem in Mailand 1521 erschienenen Vitruvkommentar des Cesare Cesariano, der zur Verdeutlichung der von Vitruv gebrauchten Begriffe *ichnographia* und *orthographia* den Grundriß und den Querschnitt der Kathedrale von Mailand heranzog, die er, ein von dem Geometer Stornaloco 1391 erstattetes Gutachten gründlich mißverstehend, auf gleichseitige (und andere) Dreiecke zurückzuführen suchte. Es gibt weitere Schrift- und Bildquellen des späteren Mittelalters, deren Inhalt zugunsten solcher Proportionsfiguren zurechtgebogen wurde. In Wirklichkeit hatte die Architektur im Mittelalter genauso wie in der Antike mit solchen Spielereien nie etwas zu schaffen (Hecht 1969–71).

<sup>2</sup> Nissen 1877, 390. – Frölich 1907, 39. – Haase 1913, 135f. – Rakob 1974, 77 Anm.

<sup>3</sup> v. Gerkan 1940, 143.

<sup>4</sup> Enquiry into the measure of the Roman foot, in: *Philosophical Transactions* 1760, 774.

29,47 cm<sup>5</sup> –, in der Regel lagen ihre Ergebnisse zwischen 29,5 und 29,8 cm – Wittich 29,51... 29,56 cm, Ideler 29,55 cm, Nissen 29,55... 29,6 cm, Canina 29,56 cm, Dörpfeld 29,57 cm, Hultsch 29,57 cm, Böckh 29,585 cm, Wurm 29,585 cm, Jomard 29,59 cm, Paucker 29,59 cm, Nissen 29,6 cm, Promis 29,614 cm, Canina 29,624 cm bzw. 29,635 cm, Karsten 29,72 cm, Boni 29,772 cm<sup>6</sup>.

Der geringste aller genannten Werte, durch v. Gerkan am Tempel von Didyma ermittelt und 1940 bekannt gemacht, hat weithin Vertrauen gefunden. In der gängigen Literatur findet man jedoch mit etwa 29,57 cm einen Querschnitt der größeren Werte favorisiert. So ist – in den genannten Grenzen – die Frage nach der Größe des römischen Fußes noch immer nicht entschieden.

Wer hier eine Entscheidung zu treffen sucht, hat zu bedenken:

Die Säule des Trajan sei 100' hoch versichert die Inschrift. Canina maß gegen 1830 die Höhe der Säule, teilte den gemessenen Wert durch 100 und erhielt 29,635 cm für den Fuß<sup>7</sup>. Boni tat 1907 dasselbe und erhielt 29,772 cm<sup>8</sup>. Ferri maß 1939 und v. Gerkan rechnete 1940; das Ergebnis war 29,42 cm<sup>9</sup>. Dasselbe Objekt, drei Messungen und drei voneinander beträchtlich abweichende Ergebnisse. Welches Ergebnis soll nun zutreffen? Oder schärfer gefragt: Wo sind hier die Fehlerquellen zu suchen?

Der erste Mangel liegt offenbar in der Messung: drei Versuche, drei Ergebnisse. Welche Messung trifft zu – die jeweils jüngere? Mit Verlaub – weshalb?

Der zweite Mangel liegt im Objekt selbst. Ein 100' langes Baumaß, das den Fuß auf einen hundertstel Millimeter genau ermitteln lassen soll, muß in diesem Fall von den Bauleuten mit der Genauigkeit eines Millimeters hergestellt worden sein. Von den Handwerkern im Baubetrieb eine derartige Genauigkeit zu fordern, ist die reine Utopie. Eine solche Forderung hier stillschweigend als erfüllt vorauszusetzen, wäre ein Zeichen von Weltfremdheit<sup>10</sup>.

Kommt hinzu: Mit der an einer Baustelle üblichen Genauigkeit Baumaße zu verwirklichen, setzt ein hohes Maß an Wissen, Erfahrung und zweckmäßigem Bemühen aller Beteiligten voraus. Wer an dieser Säule mitgearbeitet hat, wußte, daß eine Inschrift deren Höhe verkünde; er durfte gewiß sein, daß künftig Vorüberkommende die Inschrift lesen, zur Säule aufblicken und in der Überzeugung nun Bescheid zu wissen, ihren Weg fortsetzen würden; er rechnete nicht damit, jemand könne auf den Gedanken kommen, die inschriftliche Mitteilung in Zweifel zu ziehen und mit beträchtlichem Aufwand nachzuprüfen, inwieweit die Mitteilung mit der Wirklichkeit übereinstimmt. Zum anderen hatten die hier Tätigen an die Höhe der Säule kein

<sup>5</sup> Nachweise bei Hultsch 1882, 89, 93, 97 und v. Gerkan 1940, 149 (1959, 215).

<sup>6</sup> Nachweise bei Nissen 1877, 86; Dörpfeld 1882, 299; Hultsch 1882, 89... 92; Nissen 1886, 787; Haase 1913, 137; v. Gerkan 1940, 132.

<sup>7</sup> Haase 1913, 137 Anm. 4.

<sup>8</sup> v. Gerkan 1940, 143 (1959, 212).

<sup>9</sup> ebenda.

<sup>10</sup> Nissen 1886, 878 warnte davor, „metrologische Normen, bei denen es sich um Millimeter und Dezimillimeter handelt, durch einfache Ablesung von Bauwerken gewinnen zu wollen“.

weiteres Baumaß anzuschließen, in welchem eine hier etwa unterlaufene Ungenauigkeit hätte aufgenommen und mit Mühe (und einigem Ärger) hätte ausgeglichen werden müssen. Sie hatten also weder aus diesem noch aus jenem Grunde Anlaß, hier mit höchstmöglicher Sorgfalt vorzugehen. Welche Genauigkeit der Bauausführung sie bei gewohntem Vorgehen erreichen konnten, ist uns allerdings einstweilen unbekannt.

Man sieht: Eine dem Anschein nach simple Aufgabe – man messe die Höhe einer Säule und teile den ermittelten Wert durch eine bekannte Fußzahl – läuft sich im Gestrüpp der Zweifelsfragen tot. Was sich bei dieser Überlegung einstellt, sind immerhin drei Nutzenwendungen:

1. Nicht von einer Baugenauigkeit, die alles Realisierbare übersteigen würde, ist auszugehen, vielmehr ist hinzunehmen, daß auch römischen Bauleuten nicht gelungen sein kann, Baumaße mit mathematischer Exaktheit zu verwirklichen. Nicht zu vergessen ist die ebenfalls unvermeidliche, wenn auch geringfügige Ungenauigkeit unserer Vermessung. Diese beiden Fehlergrößen dürfen ihren Platz nicht unter den Prämissen der Ermittlung haben. Vielmehr ist so vorzugehen, daß die Ungenauigkeit der Bauausführung (und die der Vermessung) im Rechengang folgenlos beiseite bleibt und erst im Ergebnis der Ermittlung neben der gesuchten Größe der Maßeinheit sichtbar wird.

2. Das in der Baupraxis unvermeidliche Maß der Ungenauigkeit ist keine feste Größe. Ein 1 m langes Sollmaß innerhalb einer  $\pm 2$  cm großen Toleranz zu verwirklichen, ist nicht allzu schwierig; ein 10 m langes Sollmaß läßt sich mit etwa demselben Aufwand innerhalb  $\pm 5$  cm Fehlmaß darstellen. In diesem Beispiel beträgt die Ungenauigkeit der kürzeren Strecke  $\pm 2,0\%$ , die der längeren  $\pm 0,5\%$ . Der relative Einfluß der Bauungenauigkeit ist demnach umso geringer, je länger das Baumaß ist. Von möglichst großen Baumaßen – im vorliegenden Fall von der Höhe dieser Denkmalsäule – auszugehen, ist demnach wohlbegründet.

3. Die Richtigkeit des gesuchten Äquivalents ist nicht nur vom Baumaß – dem Dividenten unserer Rechnung – abhängig, sie hängt genauso ab von der Verlässlichkeit der Fußzahl – dem Divisor der Rechnung. Im gewählten Beispiel übernimmt die Inschrift die Gewähr für die Verlässlichkeit der Fußzahl. Im Regelfall ist die unbekannte Fußzahl jedoch nach Ermessen in die Rechnung einzuführen, was, wie die Erfahrung zeigt, leicht zu divergierenden Ergebnissen führt. Gerade die naheliegende Meinung, große Baumaße seien in runden Fußzahlen auszudrücken, führt leicht zu einem unzutreffenden Resultat, das solange für zutreffend gehalten wird, als nicht möglich ist, den Wahrheitsgehalt einer Berechnung zu prüfen, deren mathematische Harmlosigkeit von vornherein Vertrauen weckt<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Um für diese beiden Quellen des möglichen Irrtums ein Beispiel zu nennen: Am Tempel von Didyma wurde die Größe der Maßeinheit von französischen Forschern, die dem Jochmaß 18,00' gaben, zu etwa 29,5 cm ermittelt. H. Knackfuß gab dem Adyton (in der Plinthe) die runden Maßzahlen 100,00'  $\times$  300,00' und errechnete daraus den Fuß zu 29,138 bis 29,165 cm für die Horizontalmaße; als sich die vertikalen Abmessungen des Tempels in dieser Maßeinheit nicht ausdrücken ließen, sah er sich genötigt, für die Vertikalmaße einen zweiten um 7 mm größeren Fuß anzunehmen. (Wie es auf einer Baustelle zugehen mag, wenn jedermann

Diese 3 Nutzenwendungen lassen sich zu einem Ermittlungsverfahren zusammenbauen, das leicht zu handhaben ist:

Zum einen ist die Ungenauigkeit der Bauausführung (auch die vergleichsweise geringe Ungenauigkeit der modernen Vermessung des Bauwerks) im Vorgang der Ermittlung zu eliminieren. Nachdem wir vermuten dürfen, die an der Baustelle aufgegebenen Sollmaße seien innerhalb einer mäßig großen Fehlergrenze hier knapper, dort reichlicher verwirklicht worden, gehen wir nicht von einem einzigen Baumaß aus. Vielmehr fassen wir eine möglichst große Anzahl sowohl kürzerer wie längerer Baumaße zusammen in der Erwartung, derart müßten die teils positiven, teils negativen Ungenauigkeiten der einzelnen Baumaße in ihrer Summe gegen Null konvergieren.

Zum anderen ist die gesuchte Fußzahl nicht nach Gefühl und Gutdünken auszumachen, vielmehr ist dem Baumaß die ihm mit Gewißheit entsprechende Fußzahl zuzuweisen. Für lange Baumaße kann dies nicht leicht geschehen. Kurzen Baumaßen die zutreffende Fußzahl zu geben – die Maßeinheit ist ihrer Größenordnung nach ja bekannt –, ist dagegen unschwer möglich. Aus der Verbindung kurzer Baumaße und der ihnen mit Gewißheit entsprechenden Fußzahlen resultiert die Größe der Maßeinheit in ihrer ersten Annäherung. Sie läßt sich den nächstgrößeren Baumaßen gegenüberstellen, woraus die Fußzahl in zweiter genauerer Annäherung folgt. Derart lassen sich selbst für die längsten Baumaße gesicherte Fußzahlen festlegen. Zum Abschluß dieses Vorgehens wird das gesuchte Äquivalent der Maßeinheit nicht, wie bisher üblich, aus einem einzigen Baumaß und der zugehörigen Fußzahl ermittelt – jedes Baumaß ist ja mit einer Ungenauigkeit behaftet, deren Größe und Vorzeichen zunächst unbekannt ist –, vielmehr wird die Summe aller verfügbaren Baumaße durch die Summe aller Fußzahlen – in ihr ist die Summe der Ungenauigkeiten näherungsweise gleich Null – dividiert.

Dieses Verfahren leistet noch mehr: Nachdem das Äquivalent der Maßeinheit in seiner letztmöglichen Annäherung bekannt ist, läßt sich als Produkt von Maßeinheit und Fußzahl das an der Baustelle aufgegebene Maß (SOLL) dem am Bau realisierten Maß (IST) gegenüberstellen. Die Differenz (DIFF.) dieser beiden Werte gibt mit ihrem Wert und ihrem Vorzeichen Auskunft über die an dieser Stelle unterlaufene Ungenauigkeit der Bauausführung.

Zugegeben: Mit diesem Verfahren zu arbeiten kostet Zeit (auch wenn das Vorgehen weniger umständlich ist als die vorliegende Beschreibung glauben macht). Dieser Nachteil ist nicht zu bestreiten. Ihm stehen jedoch gewichtige Vorteile gegenüber: Der Rechenvorgang steht mit dem gebauten Sachverhalt (Baumaß) und mit den sich wechselweise bedingenden Annahmen (Fußzahl, Baugenauigkeit, Maßeinheit) in einem engen und doch stets durchsichtigen Zusammenhang. Ein etwa unterlaufener Irrtum macht sich bemerkbar, ist leicht aufzufinden und ist ebenso leicht zu berichtigen. Auch wird jeder Punkt sichtbar, wo nach Ermessen zu entscheiden ist. Die

---

zwei unterschiedlich genormte, vor allem zum Verwechseln taugliche Zollstöcke zur Hand hat, läßt sich ausmalen.) A. v. Gerkan gab dem Jochmaß ebenfalls 18,00', ermittelte daraus für das Adyton (in der guten Flucht gemessen)  $99,00' \times 297,00'$  und errechnete schließlich aus der größten in Meter und Fuß benannten Abmessung für die Maßeinheiten 29,4192 cm.

Folgen einer solchen Entscheidung bleiben überprüfbar. Schließlich – und damit kehren wir zum Ausgang zurück – ist nicht von undurchsichtigen Prämissen auszugehen, die behaupten, ein Baumaß – der Dividend der Rechnung – sei „genau“ realisiert und die Fußzahl – der Divisor der Rechnung – sei mit einer runden Vielzahl der Maßeinheit zutreffend erfaßt.

Ein letztes: Die uns heute zu Gebote stehenden Maßeinheiten sind konstante Größen. Wer heute mit Zollstock und Bandmaß hantiert, macht sich nur selten einmal klar, welchen Aufwand Wissenschaft, Technik und Staat zu leisten hatten und noch immer zu leisten genötigt sind, um die vermeintliche Selbstverständlichkeit der Maßkonstanz zu gewährleisten. Noch im 17. und im 18. Jahrhundert war die Konstanz der meisten Längemaße in Europa ein Wunschtraum<sup>12</sup>.

Wir wissen von römischen Normalmaßen, die im Tempel der Juno Moneta aufbewahrt lagen. Allein schon die Existenz dieser Normale bezeugt die Absicht, alle Einheiten, auch den in das Maßsystem eingebundenen Fuß, mit einem eindeutig definierten Wert konstant zu halten. Die in Grenzen schwankende Länge der Zollstöcke – und damit schließt sich der Kreis dieser Vorüberlegungen – bezeugt jedoch, daß den Römern offenbar nicht gelang, für den Alltag bestimmte Meßgeräte herzustellen, die mit dem amtlichen Normal in den uns heute geläufigen, vernachlässigbar geringen Toleranzen übereinstimmen.

Die maßlichen Voraussetzungen, auf die sich die nachfolgenden Ermittlungen stützen, sind bei den einzelnen Bauten ungleich. Für den Grundriß der Heilthermen von Badenweiler, womit die Reihe beginnen soll, stehen bezifferte Baumaße in beträchtlicher Zahl zur Verfügung. Angesichts der Ungenauigkeiten, die beim Abstecken dieses Grundrisses unterliefen, ist von der Vielzahl dieser Maße kaum eines entbehrlich. Im Regelfall ist jedoch dank achtbarer Genauigkeit der Bauausführung eine erheblich geringere Anzahl von Baumaßen für die Ermittlung der Maßeinheit, wie die Erfahrung lehrt, ausreichend<sup>13</sup>. Beginnen wir also:

<sup>12</sup> Man vergleiche die für einen und denselben Ort genannten Maße in den jüngeren Nachschlagewerken. Um von ihnen die bekannteren zu nennen: M.J.T. Mayer, Gründlicher und ausführlicher Unterricht zur praktischen Geometrie, Göttingen 1777. – Nelkenbrechers Taschenbuch der Münz-, Maß- und Gewichtskunde für Kaufleute, Berlin 1798. – O. V., Das französische Maß und Gewicht, verglichen mit den in verschiedenen Gegenden Deutschlands gebräuchlichen, Duisburg und Essen bei Baedeker und Kürzel 1812 (Abdruck der Maßtabelle bei Wedepohl, 1967, 304). – G. K. Chelius, Maß- und Gewichtsbuch, Frankfurt a. M. 1830. – C. F. v. Ehrenberg, Baulexikon, Frankfurt a. M. 1840. – C. u. F. Noback, Vollständiges Taschenbuch der Münz-, Maß- und Gewichtsverhältnisse, 2 Bde., Leipzig 1851. – J. Auböck, Handlexikon über Münzen, Geldwerte, Tauschmittel, Zeit-, Raum- und Gewichtsmaße, Wien 1893.

<sup>13</sup> Was diese Erfahrung angeht, benütze man aus den hier für ein Bauwerk genannten Meter- und Fußzahlen eine nicht gar zu geringe Anzahl, um eine Kontrollrechnung aufzumachen. – In die folgende Reihe sind einige Bauten aufgenommen, bei denen die Art und die Anzahl der verfügbaren Baumaße Wünsche offen läßt. Zum einen die leidige Tatsache, daß sich kotierte Aufmaße in der Literatur nicht eben häufig finden, zum anderen der Wunsch, dieser Untersuchung eine ausreichend breite Basis zu geben, mögen den Entschluß, auch diese Bauten hier aufzunehmen, verständlich machen.

Für den Grundriß der **Heilthermen zu Badenweiler** steht das von Mylius veröffentlichte Aufmaß zur Verfügung<sup>14</sup>. Die Zeichnungen (Abb. 1 a und b) zeigen den Bau in seinem ursprünglichen Zustand: In spiegelbildlicher Anordnung sind den Auskleiden die äußeren, den Baderäumen die inneren Plätze angewiesen. Auf der Nordseite kommt ein Vorbau hinzu, der zwischen Treppen eine Trinkhalle und eine vorgelegte Portikus enthält.

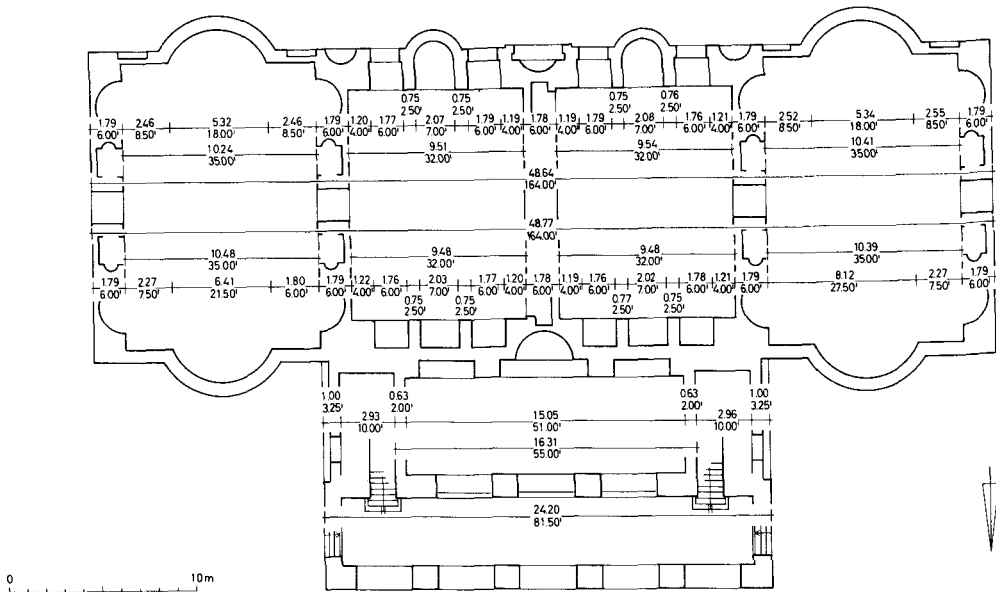


Abb. 1 a  
Badenweiler Heilthermen, Grundriß 1:400

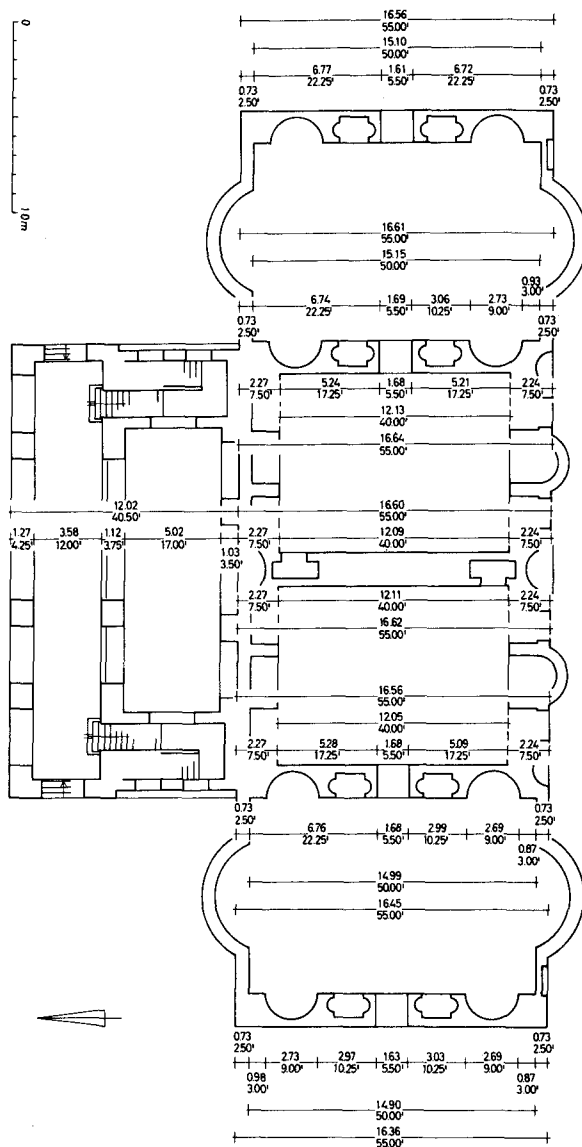
Zwischen analogen Baumaßen bestehen nicht selten beträchtliche Differenzen<sup>15</sup>: Die Längsmauern des Hauptraumes divergieren ostwärts um 0,20 m; in der östlichen Auskleide ist die Südwand um 0,20 m kürzer geraten als die Nordwand<sup>16</sup>. In der Ermittlung der Maßeinheit blieben daher die Nordsüdmaße des Hauptbaues und die Maße der Südwand der genannten Auskleide als Fehlmaße beiseite. Die Summe aller übrigen Grundrißmaße – sie entspricht immer noch dem 2<sup>1/2</sup>-fachen der Gesamtlänge des Hauptbaues – dividiert durch die Summe der den einzelnen Baumaßen ent-

<sup>14</sup> Mylius 1936, Taf. 2, 3, 4 und 9.

<sup>15</sup> Diese Differenzen sind Mylius nicht entgangen. Er erklärte sie jedoch mit einem Erdbeben, das die beiden Enden des Hauptbaues verschonte, den mittleren Abschnitt des Hauptbaues aber nordwärts den Hang hinabrutschen ließ. Der Bauzustand, genauso der hier durchgeführte Maßvergleich, widersprechen dieser Deutung.

<sup>16</sup> Ursache ist wohl die in einer späteren Bauphase erfolgte Erneuerung der Ostmauer dieses Raumes. Bei dieser Gelegenheit wurde die Mauer nur 1,63 m (5,50') stark hochgeführt. Hier ist sie mit ihrer normalen Stärke berücksichtigt.

Abb. 1b  
Badenweiler Heilbremen, Grundriß 1:400





sprechenden Fußzahlen liefert für die hier benützte Maßeinheit 29,72 cm. Mit Hilfe dieses Äquivalents lassen sich danach alle – auch die beiseite gebliebenen – Baumaße auf die Genauigkeit der Bauausführung prüfen. Dies angeschrieben:

#### Hauptbau Südmauer (Abb. 1 a)

IST	FUSS	SOLL	DIFF
1,79	6,00	1,78	+ 1
2,46	8,50	2,53	- 7
5,32	18,00	5,35	- 3
2,46	8,50	2,53	- 7
1,79	6,00	1,78	+ 1
1,20	4,00	1,19	+ 1
1,77	6,00	1,78	- 1
0,75	2,50	0,74	+ 1
2,07	7,00	2,08	- 1
0,75	2,50	0,74	+ 1
1,79	6,00	1,78	+ 1
1,19	4,00	1,19	-
1,78	6,00	1,78	-
1,19	4,00	1,19	-
1,79	6,00	1,78	+ 1
0,75	2,50	0,74	+ 1
2,08	7,00	2,08	-
0,76	2,50	0,74	+ 2
1,76	6,00	1,78	- 2
1,21	4,00	1,19	+ 2
1,79	6,00	1,78	+ 1
2,52	8,50	2,53	- 1
5,34	18,00	5,35	- 1
2,55	8,50	2,53	+ 2
1,79	6,00	1,78	+ 1
48,64	164,00	48,75	- 1

#### Hauptbau Nordmauer (Abb. 1 a)

1,79	6,00	1,78	+ 1
2,27	7,50	2,23	+ 4
6,41	21,50	6,39	+ 2
1,80	6,00	1,78	+ 2
1,79	6,00	1,78	+ 1

1,22	9,48	4,00	32,00	1,19	9,51	+ 3	- 3
1,76		6,00		1,78		- 2	
0,75		2,50		0,74		+ 1	
2,03		7,00		2,08		- 5	
0,75		2,50		0,74		+ 1	
1,77		6,00		1,78		- 1	
1,20		4,00		1,19		+ 1	
1,78		6,00		1,78		-	
1,19	9,48	4,00	32,00	1,19	9,51	-	- 3
1,76		6,00		1,78		- 2	
0,77		2,50		0,74		+ 3	
2,02		7,00		2,08		- 6	
0,75		2,50		0,74		+ 1	
1,78		6,00		1,78		-	
1,21		4,00		1,19		+ 2	
1,79		6,00		1,78		+ 1	
8,12	10,39	27,50	35,00	8,17	10,40	- 5	- 1
2,27		7,50		2,23		+ 4	
1,79		6,00		1,78		+ 1	
48,77		164,00		48,75		+ 2	

## Hauptbau, Quermauern der vier Räume (Abb. 1b)

## Östliche Auskleide

0,73	15,10	2,50	50,00	0,74	14,86	- 1	+ 24
6,77		22,25		6,61		+ 16	
1,61		5,50		1,63		- 2	
6,72		22,25		6,61		+ 11	
0,73		2,50		0,74		- 1	
16,56		55,00		16,35		+ 21	
0,73	15,15	2,50	50,00	0,74	14,86	- 1	+ 29
6,74		22,25		6,61		+ 13	
1,69		5,50		1,63		+ 6	
3,06		10,25		3,05		+ 1	
2,73		9,00		2,67		+ 6	
0,93		3,00		0,89		+ 4	
0,73		2,50		0,74		- 1	
16,61		55,00		16,35		+ 26	

## Östlicher Baderaum

2,27	7,50	2,23	+ 4
5,24	17,25	5,13	+ 11
1,68	5,50	1,63	+ 5
5,21	17,25	5,13	+ 8
<u>2,24</u>	<u>7,50</u>	2,23	+ 1
16,62	55,00	16,35	+ 29
2,27	7,50	2,23	+ 4
12,09	40,00	11,89	+ 20
<u>2,24</u>	<u>7,50</u>	2,23	+ 1
16,60	55,00	16,35	+ 25

## Westlicher Baderaum

2,27	7,50	2,23	+ 4
12,11	40,00	11,89	+ 22
<u>2,24</u>	<u>7,50</u>	2,23	+ 1
16,62	55,00	16,35	+ 28
2,27	7,50	2,23	+ 4
5,28	17,25	5,13	+ 15
1,68	5,50	1,63	+ 5
5,09	17,25	5,13	- 4
<u>2,24</u>	<u>7,50</u>	2,23	+ 1
16,56	55,00	16,35	+ 21

## Westliche Auskleide

0,73	2,50	0,74	- 1
6,76	22,25	6,61	+ 15
1,68	5,50	1,63	+ 5
2,99	10,25	3,05	- 6
2,69	9,00	2,68	+ 1
0,87	3,00	0,89	- 2
<u>0,73</u>	<u>2,50</u>	0,74	- 1
16,45	55,00	16,35	+ 10

0,73	2,50	0,74	- 1
0,98	3,00	0,89	+ 9
2,73	9,00	2,68	+ 5
2,97	10,25	3,05	- 8
1,63	5,50	1,63	-
3,03	10,25	3,05	- 2
2,69	9,00	2,68	+ 1
0,87	3,00	0,89	- 2
<u>0,73</u>	<u>2,50</u>	<u>0,74</u>	- 1
16,36	55,00	16,35	+ 1

## Vorbau Ost-West- und Nord-Süd-Maße (Abb. 1 a und b)

1,00	3,25	0,97	+ 3
2,93	10,00	2,97	- 4
0,63	2,00	0,59	+ 4
15,05	51,00	15,16	- 11
0,63	2,00	0,59	+ 4
2,96	10,00	2,97	- 1
<u>1,00</u>	<u>3,25</u>	<u>0,97</u>	+ 3
24,20	81,50	24,22	- 2
1,27	4,25	1,26	+ 1
3,58	12,00	3,57	+ 1
1,12	3,75	1,11	+ 1
5,02	17,00	5,05	- 3
<u>1,03</u>	<u>3,50</u>	<u>1,04</u>	- 1
12,02	40,50	12,04	- 2

Außer über die Maßeinheit, von der bereits die Rede war, gibt die Ermittlung Auskunft über die Maßzahlen und über die Genauigkeit der Bauausführung.

Die wichtigsten Maßzahlen: Die Auskleiden messen 35,00' × 50,00', die Baderäume 32,00' × 40,00', die Trennmauern 6,00', die Stirnmauern der Auskleiden 2,50', die Stirnmauern der Baderäume 7,50', die Außenmaße des Hauptbaues sind demnach 55,00' und 164,00'. Im Vorbau mißt der Kernraum 17,00' × 51,00', die Weite der Portikus ist 12,00', die Außenmaße des Vorbaues sind 40,50' und 81,50'.

Für die Weite und die Länge der Räume sind runde Fußzahlen bevorzugt. Auch die Mauerstärken, die man da und dort einrechnen muß, wenn man runde Fußzahlen erhalten will, messen zumeist ganze Vielfache der Maßeinheit.

Die Gesamtmaße stellen sich demnach nicht selten keineswegs in runden Fußzahlen dar – schließlich sind Gesamtmaße nicht a priori gegeben, sondern ergeben sich als Summe der Teilmaße.

Auch die kleineren Elemente dieses Bauwerks – Fenster, Badenischen usw. – sind in Fuß gemessen<sup>17</sup>.

Die Genauigkeit der Bauausführung ist nicht zu rühmen. Von den hier erfaßten 132 Baumaßen sind nur 42% innerhalb eines  $\pm 1$  cm großen Spielraumes realisiert, 54% beanspruchen  $\pm 2$  cm, 61% liegen innerhalb  $\pm 3$  cm. Die über 3 cm hinausgehenden Abweichungen reichen bis 29 cm. Die graphische Darstellung dieses Sachverhalts (Abb. 2) bietet eine flach ansteigende Kurve.

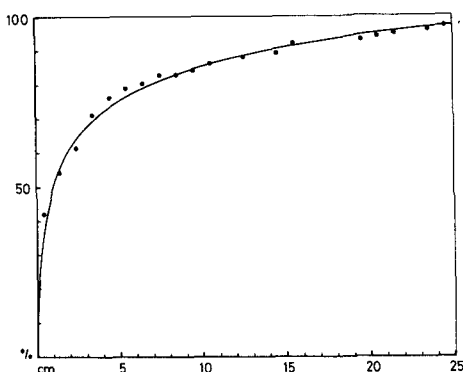


Abb. 2

*Badenweiler Heilthermen, Genauigkeit der Bauausführung*

Die Maßgrundlagen eines ungenau ausgeführten Bauwerks sichtbar zu machen, sind Maßzahlen in beträchtlicher Anzahl nötig. In vergleichbarer Anzahl sind Bau Maße auch für Bauten erwünscht, die mit üblicher Sorgfalt ausgeführt wurden. Im normalen Fall ist aber bereits eine beträchtlich geringere Anzahl von Baumaßen hinreichend, um für eine Maßeinheit, deren Größenordnung bereits bekannt ist, ein Äquivalent zu ermitteln, das mit dem unter optimalen Bedingungen erzielbaren letztmöglichen Näherungswert faktisch deckungsgleich ist.

Für die **Basilica in Pompeji** steht das von K. Ohr mitgeteilte Aufmaß zur Verfügung<sup>18</sup> (Abb. 3). Mit den dort genannten Baumaßen läßt sich das Rechenschema folgendermaßen aufstellen:

<sup>17</sup> Mylius hat die Abmessungen dieses Grundrisses nicht als Vielfache des römischen Fußes verstanden, vielmehr hat er eine überaus komplizierte Schlüsselfigur ersonnen (dort Abb. 13), die ihm als Begründung und Erklärung dieses Grundrisses galt. Dabei mußte er allerdings einräumen (S. 65), die mit Hilfe dieser Figur festgelegten Punkte differierten von den ihnen entsprechenden Punkten des Grundrisses bis zu 29 cm. Den vorliegenden Grundriß an der Baustelle nicht nach einem geometrischen Ritual auszutragen, sondern ihn nach Fußzahlen auf probate Weise abzuschneiden, ist die einfachere und ist die einzig sachgerechte Methode. In dieser Alternative eine Entscheidung zu treffen, ist der recht ungenau abgesteckte Grundriß der Heiltherme – auch die Fußberechnung erbringt zwischen IST und SOLL bis zu 29 cm große Differenzen – allerdings weniger geeignet als jeder andere mit gewohnter Sorgfalt abgesteckte Bau.

<sup>18</sup> Ohr 1973, Taf. I.

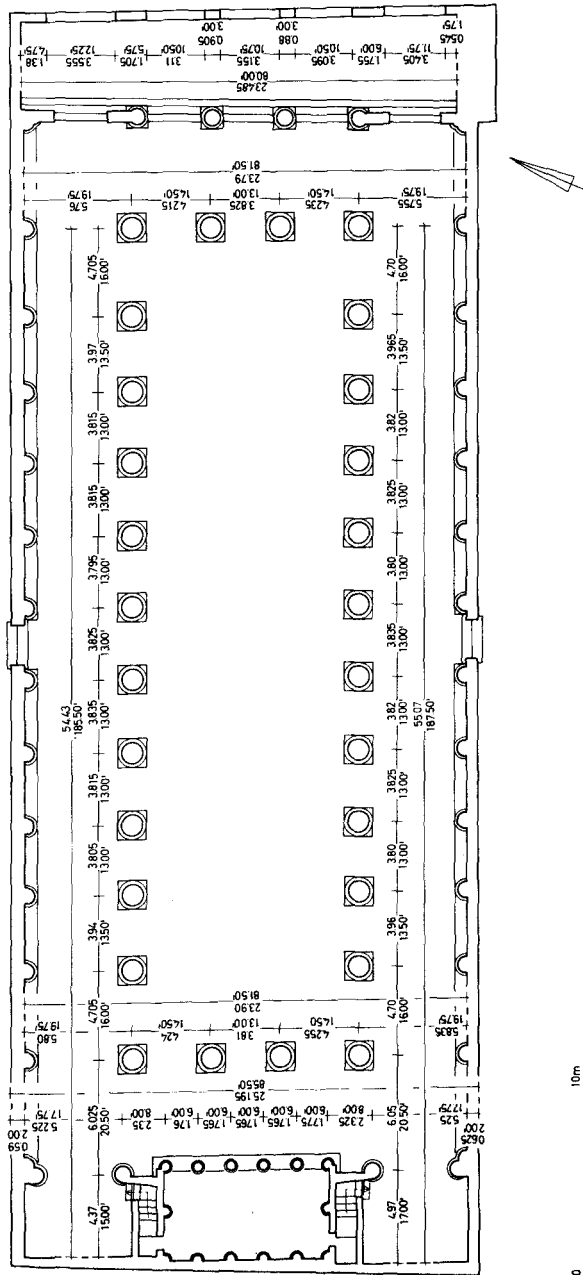


Abb. 3  
Pompeji Basilika, Grundriß 1:400

## Quermaße in der Stirnseite des Tribunals:

0,625	2,00	0,59	+ 3
5,25	17,75	5,21	+ 4
2,325	8,00	2,35	– 2
1,775	6,00	1,76	+ 1
1,765	6,00	1,76	–
1,765	6,00	1,76	–
1,765	6,00	1,76	–
1,76	6,00	1,76	–
2,35	8,00	2,35	–
5,225	17,75	5,21	+ 1
<u>0,59</u>	<u>2,00</u>	0,59	–
25,195	85,50	25,09	+ 10

## Quermaße in der westlichen Säulenreihe

5,835	19,75	5,80	+ 3
4,255	14,50	4,26	–
3,81	13,00	3,82	– 1
4,24	14,50	4,26	– 2
<u>5,80</u>	<u>19,75</u>	5,80	–
23,90	81,50	23,92	– 2

## Quermaße in der östlichen Säulenreihe

5,755	19,75	5,80	– 4
4,235	14,50	4,26	– 2
3,825	13,00	3,82	–
4,215	14,50	4,26	– 4
<u>5,76</u>	<u>19,75</u>	5,80	– 4
23,79	81,50	23,92	– 13

## Quermaße in der Front der Vorhalle

0,545	1,75	0,51	+ 3
3,405	11,75	3,45	– 4
1,755	6,00	1,76	–
3,095	10,50	3,08	+ 1
0,88	3,00	0,88	–
3,155	10,75	3,16	–
0,905	3,00	0,88	+ 2
3,11	10,50	3,08	+ 3
1,705	5,75	1,69	+ 1
3,555	12,25	3,60	– 4
<u>1,38</u>	<u>4,75</u>	1,40	– 2
23,485	80,00	23,50	– 1

## Längsmaße in der nördlichen Säulenreihe

4,37	15,00	4,41	— 4
6,025	20,50	6,02	—
4,705	16,00	4,70	—
3,94	13,50	3,97	— 3
3,805	13,00	3,82	— 1
3,815	13,00	3,82	—
3,835	13,00	3,82	+ 1
3,825	13,00	3,82	—
3,795	13,00	3,82	— 2
3,815	13,00	3,82	—
3,815	13,00	3,82	—
3,97	13,50	3,97	—
4,705	16,00	4,70	—
<u>54,43</u>	<u>185,50</u>	<u>54,50</u>	<u>— 7</u>

## Längsmaße in der südlichen Säulenreihe

4,97	17,00	4,99	— 2
6,05	20,50	6,02	+ 3
4,70	16,00	4,70	—
3,96	13,50	3,97	— 1
3,80	13,00	3,82	— 2
3,825	13,00	3,82	—
3,82	13,00	3,82	—
3,835	13,00	3,82	+ 1
3,80	13,00	3,82	— 2
3,825	13,00	3,82	—
3,82	13,00	3,82	—
3,965	13,50	3,97	—
4,70	16,00	4,70	—
<u>55,07</u>	<u>187,50</u>	<u>55,09</u>	<u>— 2</u>

Die Summe der hier herangezogenen Maßzahlen entspricht mit etwa 205 m nahezu der dreifachen Länge der Basilika. Entsprechend zuverlässig läßt sich daraus die Maßeinheit zu 29,35 cm bestimmen.

Die Größe der Maßeinheit hat Ohr auf anderem Wege zu ermitteln gesucht: Er maß das auf dem Podium in den Tuff geritzte Achsmaß der Tribunal-Säulen zu 1,765 cm, setzte diese Strecke gleich 6,00' und erkannte daraus auf den attischen Fuß, den v. Gerkan zu 29,42 cm festgestellt hatte. Daß die hier gebrauchte Maßeinheit merklich kürzer ist, war aus dem der Rechnung zugrunde gelegten kurzen Baumaß nicht zu erkennen. Immerhin hat diese Abweichung bei mäßig großen Baumaßen die Ermittlung zutreffender Fußzahlen nicht behindern können. Die Mehrzahl der hier



ermittelten Maßzahlen hat Ohr – und zwar durchgehends zutreffend – bereits genannt<sup>19</sup>: Das Interkolumnium des Tribunals 6,00', die lichte Weite der Basilika 81,50', ihre Mauerstärke 2,00', das Außenmaß also 85,50'; in der Säulenstellung die Interkolumnien der Schmalseiten 14,50'–13,00'–14,50', die der Langseiten 16,00'–13,50'–13,00' ... 13,00'–13,50'–16,00'.

Die Genauigkeit der Bauausführung verdient Anerkennung, denn von den 64 hier erfaßten Baumaßen sind 58% innerhalb von  $\pm 1$  cm, 75% innerhalb von  $\pm 2$  cm und 84% innerhalb von  $\pm 3$  cm realisiert. Die Kurve der Baugenauigkeit (Abb. 4) verläuft entsprechend steil.

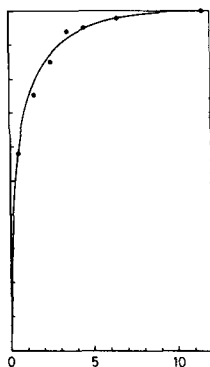


Abb. 4

*Pompeji Basilika, Genauigkeit der Bauausführung*

Wer für die weiteren Beispiele die hier mitgeteilten Ergebnisse nachzuprüfen wünscht, wird leicht in der Lage sein, jeweils anhand der in den Abbildungen genannten Werte das gewünschte Rechenschema selbst aufzustellen. Ich darf mich daher im folgenden kürzer fassen.

Aus Augusta Praetoria Salassorum, heute **Aosta**, bietet R. Schultze einen Grundriß der **Porta Praetoria** mit Maßzahlen<sup>20</sup>. Aus ihnen ermittelt sich die Maßeinheit zu 29,31 cm. – Die Abmessungen des Bauwerks sind vorwiegend nach runden Fußzahlen festgesetzt: Der Torbau mißt 75,00'  $\times$  140,00', jeder Turm 35,00'  $\times$  75,00', das Propugnaculum 40,50'  $\times$  70,00', die Vorlage 30,00'. – Die Sorgfalt der Bauausführung ist achtbar: etwa zwei Drittel der 16 erfaßten Baumaße sind innerhalb eines  $\pm 3$  cm großen Spielraumes verwirklicht.

Auch für jenen halb unterirdischen **Gewölbebau** – Speicher oder Zisterne? –, der in Aosta einen Platz auf drei Seiten einschließt, ist nur eine Handvoll Maßzahlen bekannt (Abb. 6)<sup>21</sup>. Aus ihnen errechnet sich der Fuß zu 29,28 cm, was dem für die

<sup>19</sup> ebenda Taf. XVII.

<sup>20</sup> Schulze 1909, Taf. 13.

<sup>21</sup> Durm 1905, Fig. 526. – Gose 1969, Abb. 102.

Porta Praetoria ermittelten Wert (29,31 cm) – beide auf knapper Basis gewonnen – faktisch entspricht. – Die Fußzahlen bevorzugen einfache Werte. – Die Bauausführung ist auch hier achtbar: neun Zehntel der verfügbaren 16 Werte entfernen sich vom Sollwert nur innerhalb  $\pm 3$  cm.

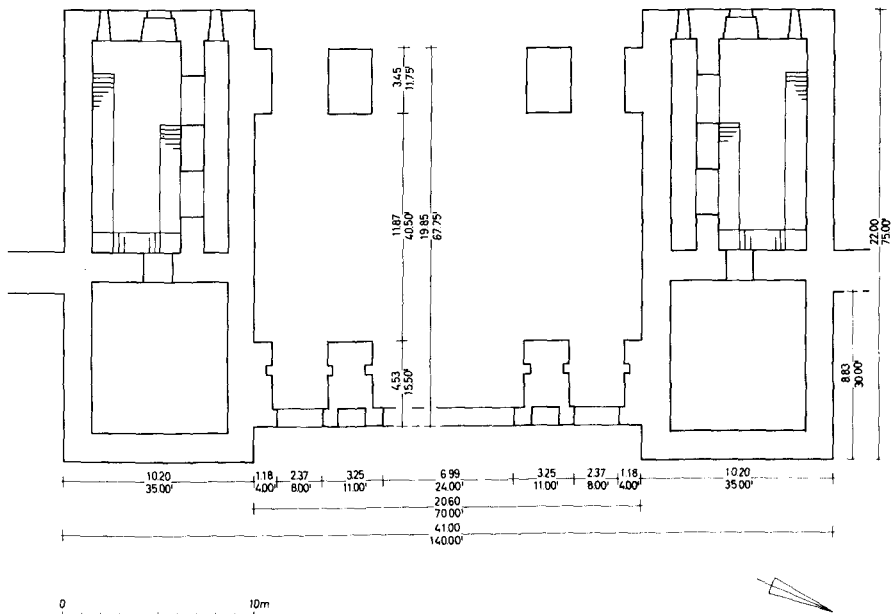


Abb. 5

Aosta Porta Praetoria, Grundriß 1:400

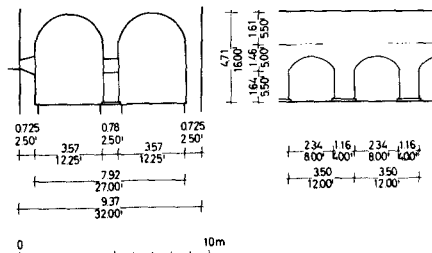


Abb. 6

Aosta Gewölbebau, Schnitte 1:400

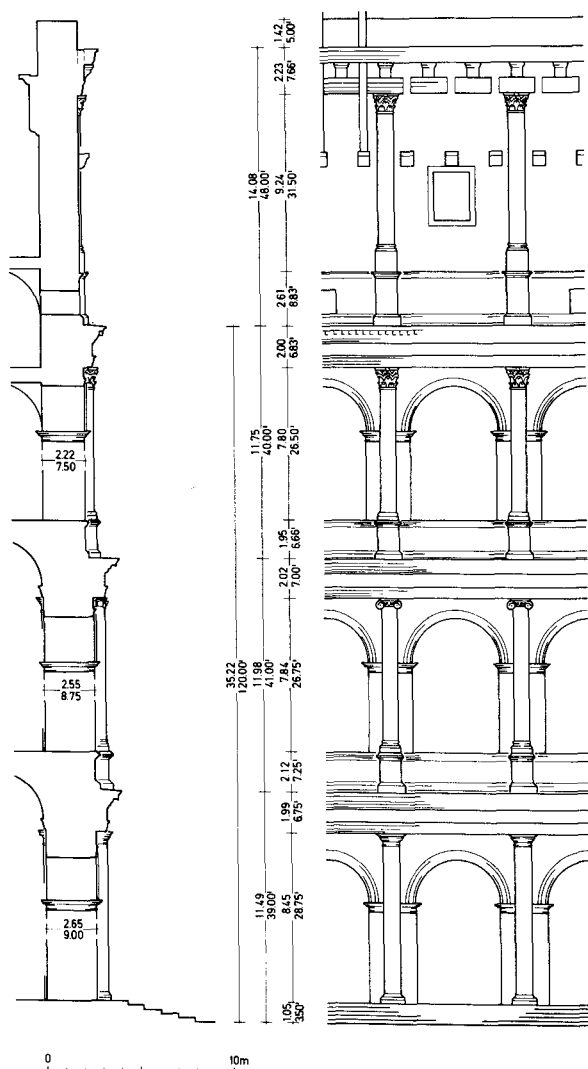


Abb. 7  
Rom Flavisches Amphitheater, Front 1:400

Für die Front des **Flavischen Amphitheaters in Rom** sind die Vertikalmaße und die Mauerstärken bekannt (Abb.7)<sup>22</sup>. Diesen Baumaßen entspricht ein 29,33 cm großer Fuß. – Die Geschoßhöhen folgen ganzen Fußzahlen (40,00' bzw. 40,00' ± 1,00'). Auch die Teilhöhen der Geschosse – Stütze, Gebälk, Attikabrüstung –,

<sup>22</sup> Desgodetz 1682, 246. – Die Höhe der abschließenden Brüstung nach Durm 1905, Fig. 743.

genauso die Mauerstärken gehen in der Teilung des Fußes nicht über Viertel hinaus. Die ursprüngliche Höhe der Front entspricht, falls man drei je 20 cm hohe Stufen einrechnen darf, 120,00', das zusätzliche Geschoß mißt 48,00', die bekrönende Mauer wie es scheint 5,00'. – In den Hauptachsen des Bauwerks ist die äußere Länge zu 187,77 m, die äußere Breite zu 155,64 m gemessen<sup>23</sup>. Im ermittelten Äquivalent entspricht dies 640,00' und 530,00' mit + 8 bzw. + 21 cm Abweichung. – Die in der Abbildung genannten 20 Baumaße sind zu 85 % innerhalb eines  $\pm 3$  cm großen Spielraumes verwirklicht.

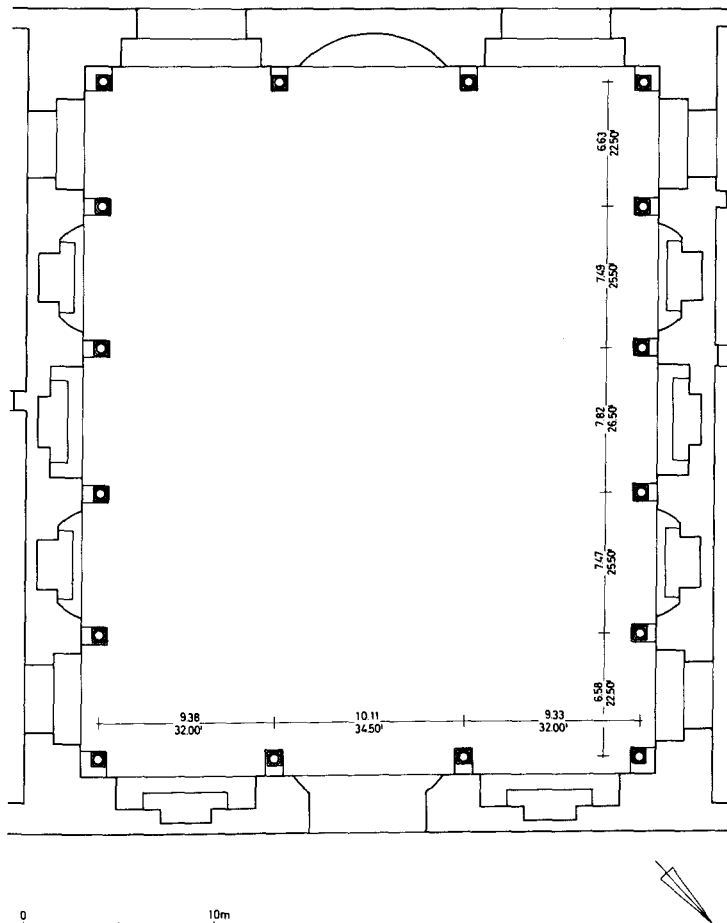


Abb. 8  
Rom Aula der Domus Flavia, Grundriß 1:400

<sup>23</sup> Durm 1905, 669.

Für die **Aula der Domus Flavia** auf dem Palatin (Abb. 8) hat Finsen die Achsmaße der Säulengliederung genannt<sup>24</sup>. Aus ihnen errechnet sich der Fuß zu 29,33 cm. Drei Viertel dieser Achsmaße sind innerhalb  $\pm 3$  cm realisiert. – Der Abstand der Säulenachsen von den Wänden wurde zu 0,91 m ( $3,00' = 0,88$  m) gemessen<sup>25</sup>. Mit  $104,50' \times 128,50'$  ergeben sich danach die Abmessungen des Raumes als Summen der Teilmaße nicht in runden Maßzahlen.

Für den **Rundtempel am Tiber in Rom** nannte F. Rakob die in Abb. 9 angeführten Maßzahlen<sup>26</sup>. Sie geben der Maßeinheit 29,54 cm, der Cellatüre 10,00', den Fenstern 4,50', der Mauerstärke 2,33', dem äußeren Durchmesser der Cella 33,50' und dem Durchmesser des Tempels gemessen zwischen den Säulenachsen 52,00', gemessen zwischen den Außenkanten des Stylobats 56,00'.

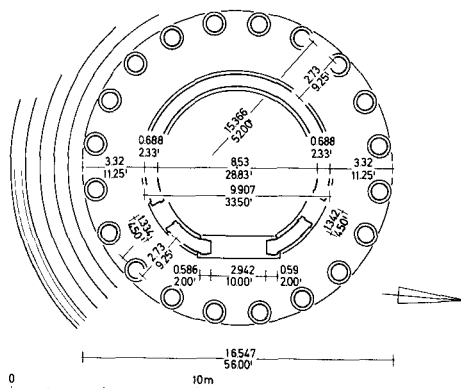


Abb. 9  
Rom Rundtempel am Tiber, Grundriß 1: 400

In der Vertikalen bereitet das Bauwerk einer Nachrechnung dort Schwierigkeiten, wo auf dem bis 0,194 m abgesunkenen Fundament der Peristasis bei Wiederherstellung des Tempels entsprechend höhere Säulen eingebaut wurden. Die Säulen des ersten Bauzustandes sind im Mittel 10,435 m hoch ( $35,25' = 10,413$  m); davon gehören dem Kapitell 1,252 m ( $4,25' = 1,255$  m), der Basis und dem Säulenschaft also 9,183 m ( $31,00' = 9,157$  m). Im Gebälk mißt der Architrav – die weiteren Glieder

<sup>24</sup> Finsen 1962, passim. – Mit einem zu 29,5 cm eingeführten Fuß ermittelte Finsen teils zutreffende, teils unzutreffende Maßzahlen. Die in der Rechnung zu Tage tretenden Ungereimtheiten wollte er nicht auf seine Rechnung zurückführen, vielmehr schloß er aus diesen Widersprüchen auf eine inzwischen erfolgte Bewegung des Palatin.

<sup>25</sup> Bühlmann 1907/08, Abb. 7.

<sup>26</sup> Rakob 1973, passim.

sind verloren – 0,62 m (2,083' = 0,615 m). – Die Toleranz der hier genannten 21 Baumaße liegt innerhalb  $\pm 1 \text{ cm}^{27}$ .

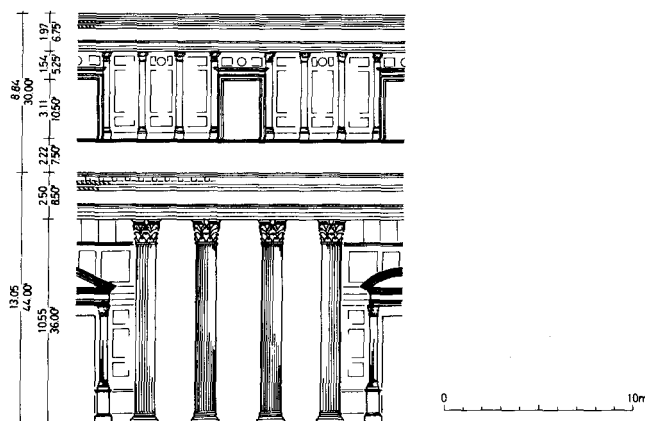


Abb. 10 Rom Pantheon, Innenwand Abwicklung 1:400

In der Wandgliederung des **Pantheon zu Rom** lassen sich die Vertikalmaße in einfachen Fußzahlen angeben (Abb. 10)<sup>28</sup>. Dies gilt auch für die Maße der Portikus<sup>29</sup>:

vertikal											
Gesims	1,38	}	3,43	4,666	}	11,666	1,37	}	+ 1	}	-
Fries	1,00			3,416			1,00		-		
Architrav	1,05			3,583			1,05		-		
Kapitell	1,77	}	14,09	6,00	}	48,00	1,76	}	+ 1	}	- 1
Schaft	11,60			39,50			11,60		-		
Basis	0,72			2,50			0,73		- 1		
horizontal											
Achsmaß	5,00			17,00			4,99		+ 1		

<sup>27</sup> Rakob ermittelte das Äquivalent der Maßeinheit nicht aus den Baumaßen, sondern führte, wie bisher üblich, eine außerhalb dieses Bauwerks gewonnene, als Norm geltende Größe der Maßeinheit in die Rechnung ein. Obwohl diese Größe – es ist der von v. Gerkan zu 29,42 cm festgestellte attische (= römische) Fuß – von dem aus den Baumaßen zu 29,54 cm ermittelten Fuß nur geringfügig abweicht, kam er beim Nachrechnen der Grundrißmaße zu einem „offensichtlich unbefriedigenden“ Ergebnis (S. 16). Im weiteren Verlauf der Berechnung zeigte sich eine „auffällige metrologische Diskrepanz zwischen Grundriß- und Aufrißmaßen, jene nach dem griechisch-phaeidonischen Maßsystem, diese auf in Rom üblichen Maßeinheiten beruhend“ (S. 39), woraus zu schließen sei, den Grundriß hätten griechische Architekten fixiert, der Aufbau dagegen folge mit geringerer Präzision der römischen Praxis. Dieser Schlußfolgerung und allen aus ihr entspringenden an einer Baustelle nicht leicht zu verkraftenden Folgerungen ist man, so scheint mir, entoben, sobald man die Größe der Maßeinheit nicht von außen in die Baumaße einführt, sondern sie aus den Baumaßen unmittelbar ableitet.

<sup>28</sup> Die Maßzahlen umgerechnet nach Desgodetz 1682, 1.

<sup>29</sup> Die weiteren Maßzahlen nach Reber 1879, 241 bzw. Durm 1905, 231.

Die hier im Rechenschema genannten Werte geben dem Fuß 29,37 cm. Die Abweichungen halten sich innerhalb  $\pm 1$  cm.

Der äußere Durchmesser der Rotunde (55,80 m) entspricht genau 190,00'. Der Durchmesser des Raumes kommt im Rohbaumaß – für Inkrustation und Mörtelbett sind geschätzte  $2 \times 12$  cm zugeschlagen – auf 150,00'.

Der **Saalbau im Quellbezirk von Nîmes** hat in Abb.11 die Maßzahlen erhalten, die R. Naumann ermittelt hat<sup>30</sup>. Ihnen entspricht eine 29,36 cm große Maßeinheit. Auch hier ergeben sich einfache Fußzahlen, so die Achsmaße der Säulengliederung 9,50', 8,00' bzw. 14,50', die Gesamtbreite 65,00', das Portal 12,00' usw. Von den hier verwerteten 29 Baumaßen sind 94% innerhalb  $\pm 3$  cm verwirklicht. Die Maßgenauigkeit der Bauausführung kommt im überaus steilen Verlauf der Kurve (Abb.12) zum Ausdruck.

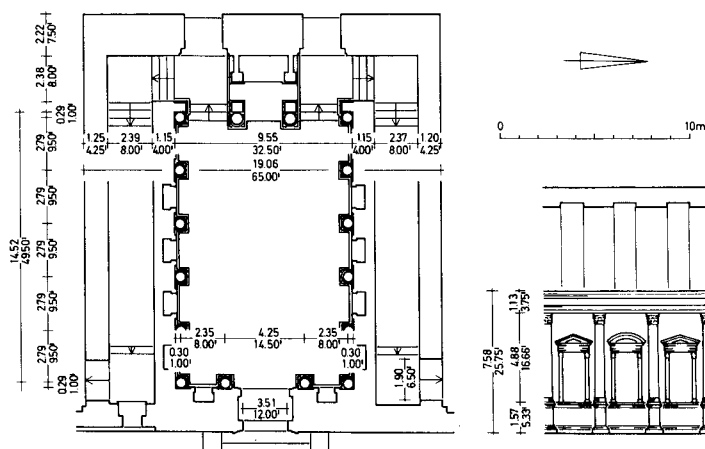


Abb. 11 Nîmes Saalbau im Quellbezirk, Grundriß und Längsschnitt 1:400

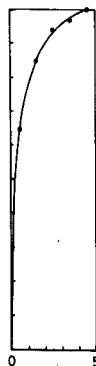


Abb. 12 Nîmes Saalbau, Genauigkeit der Bauausführung

<sup>30</sup> Naumann 1937, Taf. 4 und 7.

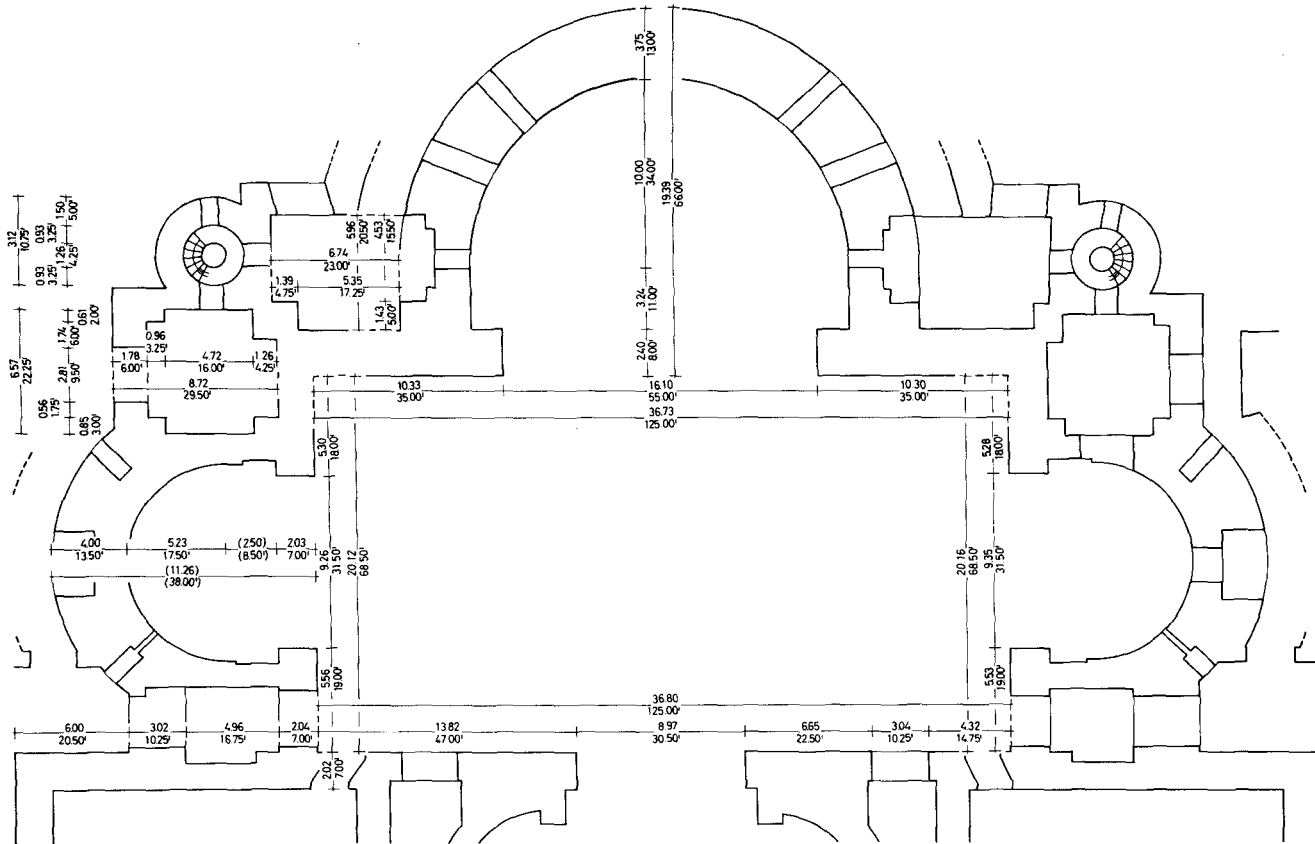


Abb. 13  
Trier Kaiserthermen Caldarium, Grundriß 1:400



Das **Caldarium der Kaiserthermen zu Trier** ist hier dargestellt mit Maßzahlen, die D. Krencker angegeben hat (Abb. 13)<sup>31</sup>. Der Fuß entspricht 29,41 cm. In ihm ausgedrückt ergeben die Baumaße – wiederum als Rohbaumaße – einsichtige Maßzahlen: Der Hauptraum 68,50' × 125,00', die Mündung der Apsiden 31,50' bzw. 55,00', der innere Durchmesser der Apsiden 35,00' bzw. 68,00', die Mauerstärken 7,00', 8,00', 13,00', 13,50' usw. – Die Westwand des Hauptraumes ist unsymmetrisch aufgeteilt – in Meter: 13,82 + 8,97 + 14,01 = 36,80 m. Sieht man in dieser Ungleichheit der Abmessungen eine Ungenauigkeit der Bauausführung, übersetzt man also die genannten Meterzahlen in die Fußzahlen 47,00' + 31,00' + 47,00' = 125,00', so erhält man mit ± 0, + 15, – 19 bzw. – 4 cm Differenzen, die bis zu doppelt so groß sind als sonstwo an diesem Bau festzustellen. Erkennt man in dieser Ungleichheit allerdings irrig aufgegebene – und danach mit gewohnter Sorgfalt abgesteckte – Fußzahlen, übersetzt man also in die Fußzahlen 47,00' + 30,50' + 47,50' = 125,00', so errechnet sich auch für diese Maße die gewohnte Genauigkeit der Bauausführung<sup>32</sup>. –

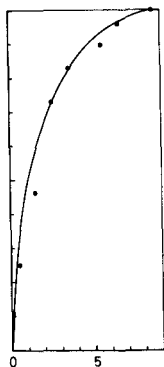


Abb. 14

*Trier Kaiserthermen, Genauigkeit der Bauausführung*

<sup>31</sup> Krencker 1929, Abb. 63. – Dort nicht kотиerte (daher nur abgestochene) Maße, ebenso alle weiteren Maße (in Meter und Fuß), die solche abgestochenen Werte enthalten, sind in Abb. 11 der Kennzeichnung halber in Klammer gesetzt. In der Ermittlung der Maßeinheit und der Baugenauigkeit wurden abgestochene Werte nicht herangezogen.

<sup>32</sup> Um jeweils 0,50' hat sich der am Bau tätige mensor (Pauly Realenzyklopädie, Stichwort „gromaticus“) auch beim Abstecken der Aquädukte XXVI und XXIX der nach Pergamon führenden Kaikos-Leitung versehen (Hecht 1978, 31, 44). Offenbar sind ganze und halbe Fuß auf der Meßlatte (decempeda) nicht allzu deutlich verschieden markiert gewesen. Derartigen Irrtümern begegnet man auch in der mittelalterlichen Architektur (Hecht 1978, 77). Solche von analogen Werten abweichende Maße erwecken den Eindruck, das Bauwerk sei an dieser Stelle, folglich wohl auch sonstwo, „nachlässig“ ausgemessen, weshalb man sich autorisiert glaubte, opulente Toleranzen zuzulassen, sobald man die Abmessungen eines Bauwerks mit einer Schlüsselfigur zu „begründen“ versuchte. Tatsächlich sind derartige Irrtümer nicht auf „Ungenauigkeit der Bauausführung“ zurückzuführen, noch weniger können sie die Anwendung eines die Proportionen erzeugenden angeblichen Bauhüttengeheimnisses belegen. Vielmehr ist die Tatsache, daß das Quantum solcher Irrtümer stets einem runden Wert der Maßeinheit entspricht, ein Beweis dafür, daß man eben am Reißbrett wie am Bau in der Maßeinheit gemessen hat.

Die Baugenaugigkeit spielt in den gewohnten Grenzen: Von den hier erfaßten 51 Baumaßen liegen 72% innerhalb  $\pm 3$  cm (Abb. 14).

Zum Abschluß Spalato mit drei Bauten, alle mit Maßzahlen von A. Niemann.

Den Abmessungen der **Porta Aurea** (Abb. 15)<sup>33</sup> entspricht ein 29,60 cm großer Fuß. – Auch hier einfache Maßzahlen: Das Portal 12,00' (seine Innenleibung 14,00'), die seitlichen Mauern 8,00', das Propugnaculum 30,00'  $\times$  30,00'. – Auch hier kam beim Abstecken des Baues eine irrige Maßzahl ins Spiel: Der Achsenabstand des linken Turmes mißt 40,00', der des rechten 41,00'. – Von den 11 hier erfaßten Baumaßen sind 10 innerhalb  $\pm 3$  cm verwirklicht.

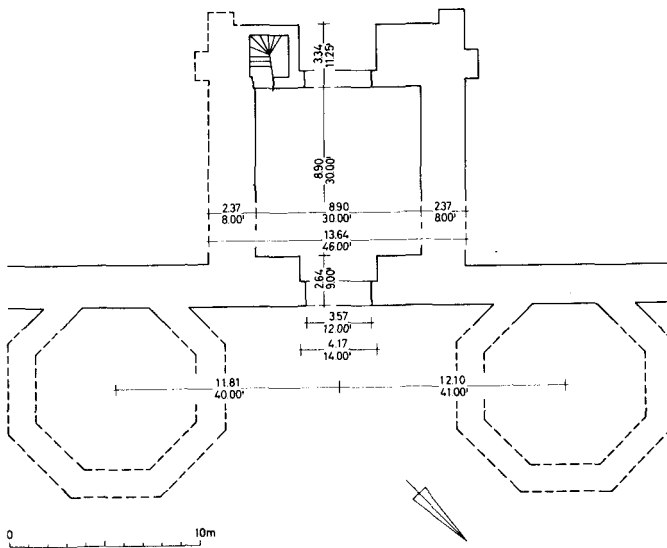


Abb. 15

Spalato Diokletianspalast Porta Aurea, Grundriß 1:400

Der **Jupitertempel** (Abb. 16)<sup>34</sup> weist mit seinen Baumaßen auf eine 29,37 cm große Einheit. – Die Maßzahlen: die Achsendistanz der äußeren Frontsäulen ist 25,33' (in Übereinstimmung mit Niemanns Konstruktion 8,90' + 9,33' + 8,00' entsprechend 6:7:6), das Türlicht mißt 2,361  $\times$  4,68 m (entsprechend 8,00'  $\times$  16,00'), die Cella ist 20,00' weit, das Gewölbe ist 11,00' hoch (die Tonne ist mit Rücksicht auf das weit ausladende Gesims um 1,00' gestelzt). – Alle 16 hier angeführten Baumaße liegen innerhalb einer nur  $\pm 2$  cm großen Toleranz.

<sup>33</sup> Niemann 1910, Abb. 25.

<sup>34</sup> ebenda, Fig. 100 und 103.

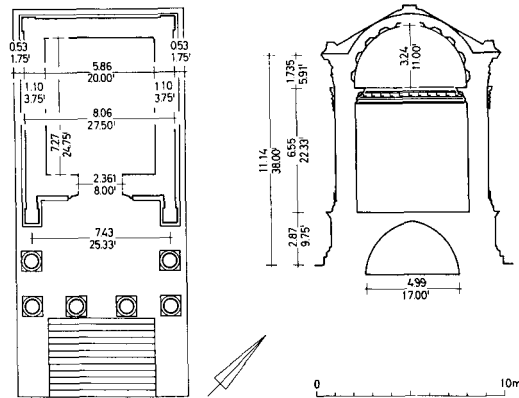


Abb. 16

*Spalato Diokletianspalast Jupiterempel, Grundriß und Schnitt 1:400*

Das **Mausoleum** (Abb. 17)<sup>35</sup> führt seine Abmessungen auf einen 29,68 cm großen Fuß zurück. – Die Spannweite des Kuppelraumes ist 45,00', die Mauerstärke (9,00'), was  $\frac{1}{5}$  der Spannweite entspricht. Die Höhe des ersten Säulengeschoßes ist 31,00', die des zweiten 16,25', die beider zusammen 47,25', mithin das Verhältnis Weite : Höhe = 45,00' : 47,25', was 20:21 entspricht. – Die hier verfügbaren 15 Maße sind ebenfalls innerhalb  $\pm 2$  cm realisiert.

Versuchen wir nun, aus dem Ergebnis dieser 13 Ermittlungen die Summe zu ziehen. Erkennbar geworden ist:

1. Die für den römischen Fuß errechneten Äquivalente sind miteinander nicht völlig identisch, sie beanspruchen vielmehr einen gewissen Spielraum: neun dieser Werte liegen zwischen 29,28 und 29,41 cm dicht nebeneinander, weitere vier reichen von 29,54 bis 29,72 cm. Die aus Baumaßen zurückgerechneten Äquivalente streuen demnach genauso wie die direkt gemessenen Längen antiker Maßstäbe<sup>36</sup>. Die alte Hoffnung, für den römischen Fuß, dessen Größe aus dem Hohlmaß und aus dem Gewicht – selbst dem Münzgewicht – nicht genau zu ermitteln ist, lasse sich aus Baumaßen ein eindeutiger Wert errechnen<sup>37</sup>, geht demnach nicht in Erfüllung.

2. Eine nicht eindeutig definierbare, weil in der Anwendung offenbar nicht völlig konstante Maßeinheit – wie sie hier sichtbar wurde – stellt sich uns Heutigen dar als Widerspruch in sich selbst. Man bedenke jedoch, daß die Antike keineswegs über die wissenschaftlichen und technischen Hilfsmittel verfügte, die heute die Konstanz der

<sup>35</sup> ebenda, Taf. XIII.

<sup>36</sup> Die Länge von 6 im Museo Nazionale zu Neapel aufbewahrten Bronzemaßstäbe schwankt zwischen 29,145 und 29,630 cm (Hultsch 1882, 90 Anm.) bzw. zwischen 29,5 und 29,7 cm (Nissen 1892, 887). – Die Länge zweier in Vindonissa gefundener Maßstäbe mißt 29,48 und 29,28 cm (Frölich 1907, 41).

<sup>37</sup> Nissen 1892, 851. – Dörpfeld 1890, 173.

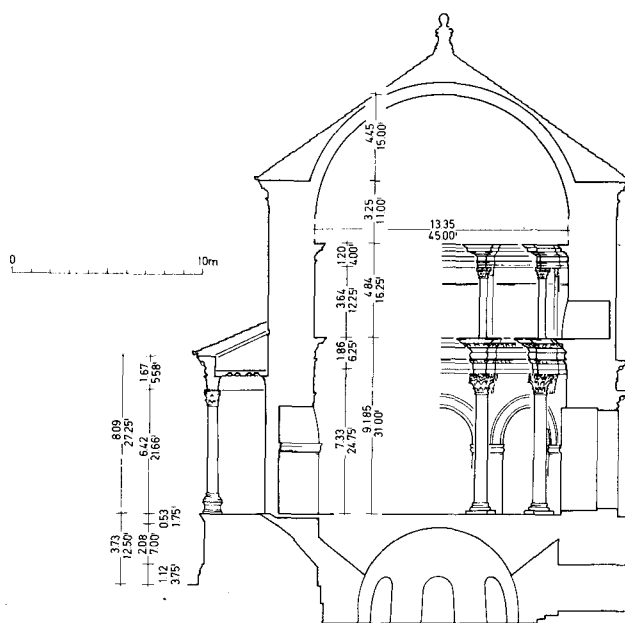


Abb. 17

*Spalato Diokletianspalast Mausoleum, Schnitt 1:400*

Maßeinheit gewährleisten, ja daß damals vermutlich nicht einmal das Bedürfnis bestand, die verfügbaren Hilfsmittel bis zur Grenze des Möglichen auszuschöpfen.

Mit welcher Genauigkeit das im Tempel der Juno Moneta liegende Urnormal des Längenmaßes zu kopieren möglich war, wissen wir nicht. Die Normale zweiter und dritter Ordnung dürften vom Urnormal – für unsere Begriffe – bereits merklich abgewichen sein. Wie die Bauleute zu ihren Meßgeräten kamen, ist uns noch weniger bekannt. Haben sie – mit demselben praktischen Sinn wie ihre Berufskollegen noch zwei Jahrtausende nach ihnen – die benötigten Meßplatten selbst hergestellt<sup>38</sup>, waren

<sup>38</sup> Im Jahre 1881 meldete die Deutsche Bauzeitung (S. 288): „Zur Verwendung ungeeichter Maßstäbe. In diesen Tagen wurde auf einem noch im Stadium des Rohbaues befindlichen Neubau in Berlin durch Steuerbeamte die daselbst in den Händen der Zimmerer- und Maurerpoliere befindlichen Maßstäbe – rohe Latten, welche diese Werkleute sich für ihren Gebrauch selbst anzufertigen pflegen – konfisziert, weil sie nicht geeicht seien. Sollte diese Beschlagnahme aufrecht erhalten werden, oder sogar zu einer Bestrafung führen, so würden die deutschen Bauunternehmer auf der Hut zu sein alle Ursache haben... Inzwischen dürfte es sich fragen, ob es nicht geraten sei, auch die auf den Reißbrettern der Ateliers befindlichen Maßstab-Lineale außer Funktion zu setzen, um nicht eventuell straffällig zu werden.“ – Ungenormte, in der primitivsten Weise selbst hergestellte Meßlatten wurden auf der Baustelle noch in unserem Jahrhundert benützt. So stellte K. Knöll in seinem Lehrbuch fest (Die Bauführung, Leipzig 1910, 61): „Zum Abstecken von Längenmaßen benützt man die sogenannten Meßlatten (Maßlatten), 3 × 5 cm starke und 3 bis 5 m lange gehobelte Dachlatten, auf denen die Längen mittels Bleistiftstrichen abgetragen sind.“

geringe Unterschiedlichkeiten der Maßeinheit von Baustelle zu Baustelle kaum zu vermeiden; dieser Mangel war jedoch unerheblich, verglichen mit der auf diese Weise sichergestellten Notwendigkeit, an einer Baustelle nur einerlei Meßlatten zu haben.

3. Bei solchem Vorgehen war jedoch die Konstanz der Maßeinheit – wenn auch in engen Grenzen – für den täglichen Gebrauch nicht zuverlässig sichergestellt. Da nun – wohl nicht nur bei Bauleuten – die Tendenz besteht knapp zu messen, kann aus der nicht sichergestellten Konstanz und aus dieser Neigung zugleich im Laufe der Zeit eine Minderung der Maßeinheit hervorgehen. Auf die von Desgodetz 1682 veröffentlichten Messungen stadtrömischer Bauten gestützt kam Raper 1760 in seinen Berechnungen zum Schluß, bis Titus habe der römische Fuß 29,574 ... 29,6 cm gehalten, unter Severus und Diocletian sei er dann auf 29,42 cm gesunken<sup>39</sup>. So schön übersichtlich liegen die Dinge wohl nicht. Fügt man den hier abgeleiteten Äquivalenten für stadtrömische Bauten einige weitere Ergebnisse hinzu<sup>40</sup>, so erhält man folgende Liste:

Rundtempel am Tiber	um 100	29,54 cm
Basilica Aemilia	78	29,56
Rechtecktempel am Tiber	um 50	29,56
Auditorium des Maecenas	40/35	29,45
Tempel des Mars Ultor	2 v. Chr.	29,51
Dioskurentempel	augusteisch	29,53
Amphitheatrum Flavium	69–80	29,33
Domus Flavia	81–96	29,33
Pantheon	120/130	29,37
Basilica Constantini	306/310	29,46

In diesem Zusammenhang ist daran zu erinnern, daß die für Aosta ermittelten Äquivalente zweier Bauten (29,28 und 29,31 cm) faktisch identisch sind, die drei in Spalato ermittelten Werte (29,37, 29,60 und 29,68 cm) jedoch deutlich auseinandergehen.

Ob diese begrenzte Inkonstanz der Werte ausschließlich dem praktischen Vorgehen anzulasten sei oder ob hier temporäre und regionale Besonderheiten ebenfalls eine Rolle spielten, wird sich erst abzeichnen, wenn Äquivalente so vieler Bauten bekannt sind, daß eine statistische Auswertung sinnvoll erscheint.

Es wird jedoch niemals möglich sein, von Baumaßen ausgehend bis zur Definition des Urnormals vorzudringen.

4. Eine gewisse Unbestimmtheit und die Tendenz zu geringeren Werten abzusinken, ist auch für das Nachleben des römischen Fußes im Mittelalter bezeichnend

<sup>39</sup> Hultsch 1882, 92 und 97. – Rapers inzwischen 2 Jahrhunderte alte Mitteilung findet man ohne Angabe des Ursprungs in der jüngeren Literatur wie eine gesicherte Tatsache weitergegeben: Haase 1913, 136. – Nowotny 1931, 257. – Arens 1938, 16.

<sup>40</sup> Folgende Maßzahlen wurden benützt: Basilica Aemilia, Tempel des Mars Ultor und Basilica Constantini nach Toebelman 1923, Rechtecktempel am Tiber und Auditorium des Maecenas nach Reber 1879.

gewesen. Soweit für eine begrenzte Region – Südwestdeutschland – heute erkennbar, waren dies die Stationen:

In seiner 793/794 verkündeten Maßreform stützte sich Karl der Große offenbar auf einen römischen Fuß, der zu 29,417 cm gerechnet wurde<sup>41</sup>.

Die Maßeinheit der ottonischen Stiftskirche St. Georg in Reichenau-Oberzell entspricht nur noch 29,22 cm<sup>42</sup>.

An Kirchenbauten des 11./12. Jahrhunderts ist im Bodenseegebiet der Fuß zu 29,29 ... 29,41 cm festgestellt. Im 15. Jahrhundert erreichte der Fuß hier nur noch 28,99 cm.

Etwa in dieser Größe nennen die Nachschlagewerke des 18./19. Jahrhunderts in Grenzen differierende und an jedem Ort überdies merklich schwankenden Werte:

Augsburg	28,619 ... 28,928	(Ne, B) <sup>43</sup>
Karlsruhe	28,985 ... 29,1121	(B, No)
Mannheim	28,88 ... 29,0099	(C, E)
Straßburg	28,921 ... 28,9422	(M, Ne)
Stuttgart	28,6039 ... 28,829	(Ne, M)
Ulm	28,8971 ... 29,219	(Ne, M)

Um zusammenzufassen:

Das hier erläuterte Vorgehen erlaubt, das Äquivalent des Fußes aus der Summe aller verfügbaren Maße eines Bauwerks zu ermitteln. Den herkömmlich mit 29,57 cm angegebenen Wert hat v. Gerkan auf 29,42 cm reduziert. Nun stellt sich heraus, daß dieser abgeminderte Wert im Regelfall bereits den oberen Grenzwert der Maßeinheit darstellt.

Die Fußzahlen geben für längere Strecken öfters runde, in der Regel ganzzahlige Werte. Eine so weitgehende Vorliebe für dezimale Maßzahlen – 2,50', 5,00', 7,50', 10,00' – wie sie wegen der im Lateinischen üblichen Benennung der Einheiten vermutet wurde<sup>44</sup>, ist jedoch nicht erkennbar. Als Bruchteile des Fußes wurden für größere Strecken fast ausschließlich Halbe und Viertel benützt. In Detailmaßen begegnet man stets der duodezimalen, nicht der sedezimalen Teilung des Fußes.

Die Ungenauigkeit der Bauausführung aus den Baumaßen abzusondern, ist nicht nur vom Vorteil für die Ermittlung der Maßeinheit. Die Tatsache, daß diese Ungenauigkeit im Regelfall erstaunlich geringe Werte nicht übersteigt, ist ein Ausweis für die Übereinstimmung der hier vertretenen These mit dem gebauten Sachverhalt.

<sup>41</sup> Diese Reform ist entweder von einem Fuß der genannten Größe oder von einem 327,45 g schweren römischen Pfund ausgegangen. Zwischen diesen beiden Möglichkeiten eine Entscheidung zu treffen, ist einstweilen nicht möglich (Hecht 1977, 183).

<sup>42</sup> Auch zum folgenden Hecht, Fußmaß und Maßzahl in der frühmittelalterlichen Baukunst und Wandmalerei des Bodenseegebietes, in: Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung, voraussichtlich 1979.

<sup>43</sup> vgl. Anm. 12. Hier sind diese Nachschlagewerke nur mit den Anfangsbuchstaben der Verfassernamen bezeichnet.

<sup>44</sup> Arens 1938, 16.

Diese Tatsache ist überdies ein Beleg für das Können der römischen Bauleute in jenem Bereich, ohne dessen möglichst vollkommene Bewältigung weder Bautechnik noch Baukunst zu bestehen vermag.

### Die in Abkürzungen zitierte Literatur

- Alberti, H. J. v.: Maß und Gewicht. Berlin 1957.
- Arens, F. V.: Das Werkmaß in der Baukunst des Mittelalters, Diss. Würzburg 1938.
- Aurès, M.: Etude des dimensions du grand temple de Paestum, in: *Révue archéologique*, nouvelle série, 20, 1869, 388.
- Bühlmann, J.: Der Palast der Flavii auf dem Palatin in Rom, in: *Zeitschr. f. Gesch. d. Architektur*, 1, 1907/08, 113.
- Canina, L.: *L'architettura romana*. Roma 1830–1840.
- Desgodetz, A.: *Les édifices antiques de Rome*. Paris 1682.
- Dörpfeld, W.: Beiträge zur antiken Metrologie, in: *Mitteil. d. Deutschen archäol. Instituts in Athen*, 7, 1882, 277; 8, 1883, 36; 10, 1885, 289; 15, 1890, 167.
- Durm, J.: *Die Baukunst der Römer* (Handb. d. Architektur II, 2). Stuttgart 1905.
- Finsen, H.: *Domus Flavia sur le Palatin, Aula Regia – Basilica* (Analecta Romana Instituti Danici II, Suppl.). Copenhagen 1962.
- Frölich, L.: Über römische Fußmaße (aus Vindonissa), in: *Anzeiger f. schweiz. Altertumskunde*, NF 9, 1907, 39.
- Gerkan, A. v.: Der Tempel von Didyma und sein antikes Baumaß, in: *Wiener Jahreshefte*, 32, 1940, 127 (nachgedruckt in: *Von antiker Architektur und Topographie*, gesammelte Aufsätze, hrsg. v. H. Boehringer, Stuttgart 1959, 204).
- ,– Besprechung zu H. Plessner, *Sterngeborenes Olympia*, die Entstehung des sakralen Maßes, Düsseldorf 1956, in: *Gymnasium*, 64, 1957, 359 (auszugsweise nachgedruckt in: Hecht 1969 [1970], 239).
- Gose, E.: *Die Porta Nigra in Trier*. Berlin 1969.
- Haase, J.: Das Werkmaß in der Tektonik der alten Völker, in: *Zeitschr. f. Gesch. d. Architektur*, 5, 1911–12, 251 und 6, 1913, 129.
- Hecht, K.: Maß und Zahl in der gotischen Baukunst, in: *Abhandl. d. Braunsch. Wiss. Gesellschaft*, 21, 1969 (1970), 215. – 22, 1970 (1972), 105. – 23, 1971/72 (1973), 25.
- ,– Die Sylvesterkapelle zu Goldbach, ein Schlüsselbau für Maß und Zahl in der Baukunst des frühen Mittelalters, in: ebenda, 28, 1977, 137.
- ,– Zur Geometrie des St. Galler Klosterplans, in: ebenda, 29, 1978, 57.
- Hultsch, F.: *Geschichte der griechischen und römischen Metrologie*. Berlin 1882.
- Krencker, D.: *Die Trierer Kaiserthermen*. Augsburg 1929.
- Kretschmer, F.: *Bilddokumente römischer Technik*. Düsseldorf 1967.
- Lugli, G.: *La tecnica edilizia romana*. Roma 1957.
- Mylius, H.: *Die römischen Heilthermen von Badenweiler*. Berlin und Leipzig 1936.
- Naumann, R.: *Der Quellbezirk von Nîmes*. Berlin/Leipzig 1937.
- Niemann, G.: *Der Palast Diokletians in Spalato*. Wien 1910.
- Nissen, H.: *Pompejanische Studien zur Städtekunde des Altertums*. Leipzig 1877.
- ,– *Griechische und römische Metrologie* (Handb. d. klass. Altertumswiss., Bd. 1). Nördlingen 1886.

- Nowotny, E.: Metrologische Nova, in: Klio, 24, 1931, 247.
- Ohr, K.: Die Basilika in Pompeji, Diss. Darmstadt 1973 (Karlsruhe 1973).
- Rakob, F. und W.-D. Heilmeyer: Der Rundtempel am Tiber in Rom. Mainz 1973.
- Rakob, F.: Das Quellenheiligtum in Zaghuan und die römische Wasserleitung nach Karthago, in: Mitt. des dt. Archäol. Inst. Röm. Abt., 81, 1974, 41.
- Reber F.: Die Ruinen Roms. Leipzig 1879.
- Schultze, R.: Die römischen Stadttore, in: Bonner Jahrbücher, 118, 1909, 280.
- Toebelmann, F.: Römische Gebälke. Heidelberg 1923.
- Wedepohl, E.: Eumetria, das Glück der Proportionen, Maßgrund und Grundmaß in der Baugeschichte, Beiträge zur musischen Geometrie. Essen 1967.

Frau Dipl.-Ing. B. WESTRÉN-DOLL, Assistentin am Lehrstuhl für Baugeschichte der TU Braunschweig, sind die hier abgebildeten Zeichnungen zu verdanken.